以“信息+”为核心的新工科：历史与趋势
——高校工科发展战略选择刍议[1]

杨　珪*，戴　睿，张鲜元
（四川大学发展规划处　成都　610065）

摘要：当前科学技术迅速发展，带来经济社会的剧烈变化，高校工科在新时代中被赋予越来越多的期望。本文审视了科技革命和高校工程教育的历史，观察了当今时代的发展动向，试图洞悉时代发展的未来趋势，认为我国高校工科发展的整体思路为：将信息相关学科作为高校重要发展方向之一，全力加强信息相关学科的建设，顺应信息化、数字化的历史潮流，为工科及高校发展提供强有力的基础；发展以“信息+”为核心的新工科，以问题为导向，重点布局智能制造和绿色生产，解决实际工程问题、响应产业需求，与其他学科加强融合发展，在响应国家与社会需求的过程中，提升工科整体实力；以“信息+”为引擎，发挥信息科学的工具作用，把信息素养作为人才培养的基本要求，把信息思维和手段作为全校研究人员的基本工具，重塑高校的人才培养体系和提升全校的科研能力和水平，推动学科交叉融合发展，支撑高校一流学科体系建设，提升高校整体发展水平。

关键词：高校；工科；战略；信息+；工程教育
[中图分类号]G640　　　　[文献标识码] A　　　　[文章编号]

Information+″ as the Core of the Emerging Engineering Education: History and Trends
——On the Strategic Choice of Engineering Development in Universities

Yang Gui Ben, Dai Rui, Zhang Xianyuan
(Development and Planning Division, Sichuan University, Chengdu 610065, China)

Abstract: At present, the rapid development of science and technology has brought about drastic changes in economy and society. Engineering in universities has been given more and more expectations in the new era. This

[1] **收稿日期：**
基金项目：本文系 2021 年度四川大学党政服务管理项目“科技革命和工程教育史视阈下的四川大学工科发展研究”（批准号：2021DZYJ-29）的研究成果之一。
作者简介：杨珪（1986-），男，重庆黔江人，助理研究员，硕士，主要从事社会学、高等教育管理研究；戴睿（1988-），男，四川大邑人，助理研究员，博士，主要从事高等教育管理研究；张鲜元（1965-），男，四川南充人，副教授，硕士，主要从事哲学、高等教育管理研究。
特别说明：本文很多地方其实是集体智慧的产物，但鉴于多种原因，仅署名部分作者。
***通讯信息：**杨珪，四川省成都市双流区西航街道江安花园 11-1-10，610207；15208209787（微信同号）；guiyang@scu.edu.cn。*

paper examines the history of the scientific and technological revolution and engineering education in universities, observes the development trend of the current era, tries to understand the future direction of the times, and believes that the engineering should take information and related disciplines as one of the important development directions to comply with the historical trend of informatization and digitization, to provide a strong foundation for the development of engineering and universities; Develop new engineering disciplines with “information +” as the core, take problems as the guide, focus on intelligent manufacturing and green production, solve practical engineering problems, respond to industrial needs, strengthen integrated development with other disciplines, and improve the overall strength of engineering disciplines in the process of responding to national and social needs; Take “information +” as the engine, use information science as tool, take information literacy as the basic requirement of talent training, and take information thinking and means as the basic tool of researchers in the University, to reshape the talent training system of universities, improve the scientific research ability and level of the whole university, promote the cross integration development of disciplines, and support the construction of first-class discipline system in universities, Improve the overall development of universities.
Key words: University; Engineering; Strategy; Information +; Engineering Education

1. 引言

高校发展工科是顺应科技革命的必然趋势，服务国家重大战略需求的历史担当，实现内涵发展的必然选择。

当前以大数据、人工智能为代表的信息科学正如火如荼推动科学技术迅速发展。强大的工业体系和工业能力是我国迈入社会主义现代化工业强国的重要基础，我国在现代国家竞争中长期遭遇到西方国家主导的技术封锁，近年美国对中国频频实施“技术禁运”，我们工业强国的道路上还存在许多“卡脖子”关键问题。2021 年，习近平总书记在两院院士大会中国科协第十次全国代表大会上的讲话上强调，科技攻关要坚持问题导向，奔着最紧急、最紧迫的问题去。而绝大多数“卡脖子”关键问题需要工科来解决。

我国高校工科学生规模上占三分之一以上，工科是高校响应国家社会重大需求、科学研究服务现实社会的主要阵地，工科在引导理科研究向工程应用方向前进（半步）、促进医科（医学+）发展、推动文科研究范式变革等方面具有重要的作用，工科在促进高校整体水平中发展自己，是支撑国家一流学科体系建设的重要力量，这些都表明发展工科是相关高校的必然选择。

2. 文献综述

根据胡德鑫[1]目前关于高校工科教育研究的分析，我国高等工程教育研究的核心作者不多，发表论文在 4 篇以上的作者共计有 20 位，基本来自工科实力较

为雄厚的高校，研究主题相对主要涉及高等工程教育研究的课程改革与实践教学、卓越工程师计划、校企合作、专业认证、人才培养模式、大工程观、工程伦理、创新型国家、CDIO、教学改革等多个工程教育的研究方向。

目前关于高校工科的未来发展方向的研究主要体现在对工程教育改革的研究中。目前工程教育改革主要讨论的是各专业和学科人才培养模式和教学改革等主题，对大工程观的讨论出发点是提升人才培养水平。目前彭静雯[2]提出，工程教育改革的破解点在于对科学规训藩篱的突围，强调学科间的交叉渗透，以实现从以学科为中心到以学科为依托、从以理论为中心到以实践为中心的转变。

对工程教育整体和工科发展整体的讨论，关于高等教育学科结构与产业的适应研究[3-4]较多,研究表明当前本科学科对新兴产业的发展没有很好地匹配，高教专业结构与产业结构存在错位与滞后现象[5]；认为需要大力加强经济管理类人才培养，理学、农学规模还需要提升，医学保持稳定[6]。林健[7]在研究工科建设时认为传统工科专业需要进行转型升级，同时工程学科还需要与其他学科交叉融合而产生新的专业。他[8]认为以信息化（互联网）、智能化和一体化为主要趋势的新工业革命对传统工程学科的影响主要源于两方面因素：一是通过信息技术和人工智能对传统工程学科的渗透和融合；二是工业一体化促使传统工程学科的整合和重组。作为新工业革命最核心的技术，信息和数据技术以及人工智能不仅能够打通不同学科之间的传统壁垒，成为不同学科之间的桥梁和纽带，而且更重要的是将会渗透和融合到各种学科和专业之中，深刻影响这些学科和专业的建设。

目前关于各工科学科发展方向的整体研究还较少，从各学科领域出发的研究[9-49]则较多。目前可见的工科整体发展方向的研究多是从“新工科”切入，更多关注人才培养的改革。各学科领域的发展研究目前可见国家自然基金委员会和中国科学院的《中国学科发展战略》丛书[50]，从国家科研战略和资助的视角对各学科的未来发展做了非常详尽的展望和规划。总体而言，工科学科发展的研究在中观和微观的层面都有较好的研究，目前缺乏整体层面的论述，尤其在现在科技发展日新月异的局面下，对发展方向的整体把握非常有助于工科发展战略的选择。

3. 产业与科技革命史的启示

在过去 500 年里，世界上先后大约发生了三次科技革命[51]。第一次科技革命（18 世纪 60 年代—19 世纪中期）又称工业革命，以蒸汽机的发明为动力，资本主义最终战胜了封建主义。第二次科技革命（19 世纪 70 年代）人类因此进入了电气时代，资本主义制度在世界范围内确立和对殖民的肆意掠夺积累了大量资金。二战后到目前为第三次科技革命，是以原子能、电子计算机、空间技术和生物工程为主要标志，涉及信息技术、新能源技术、新材料技术、生物技术、空间技术和海洋技术等诸多领域的一场信息控制技术革命。如果说第一、二科技革命起源于行业和公司，第三次科技革命则主要是大学推动的，无论核能还是计算机都是如此。

而当今一些重要科技领域已显现出革命性突破的先兆，新技术革命和产业革命初现端倪，世界正处于新一轮科技革命的拂晓[52-53]，是为第四次科技革命。第四次科技革命有的观点认为可能是一次新生物学、物质科学革命[54-55]，也有观点认为是利用信息化技术促进产业变革的时代，也就是信息或者智能时代[56]。

前两次科技革命都带来了生产方式的变革，并重新塑造了全球经济社会形式。而第三次科技革命虽然涌现了大量科学技术，有学者[57-58]认为有三个浪潮，但到目前为止并没有带来生产方式的巨大变革。也因此有人认为第四次科技革命的提法不成立，事实只是第三次科技革命中的电子信息技术转入拓展期[59-61]，以互联网、人工智能为代表的技术开始进入对生产方式、社会组织形式带来变革的时期。

归根结底，科技革命的本质就是生产力的跨越式提高。而大幅度提升生产力的途径大致可以分类两类：一是提升动力水平，第一、二次科技革命正是能源动力驱动生产力提升，目前人造太阳是人类在解决能源问题终极方案上的探索。二是提高资源配置效率，前两次科技革命以交通和信息在全球范围内实现了大规模的资源配置，推动了全球化进程，第三次科技革命以电子信息技术为核心实现了生产方式自动化，并已转入技术拓展期，资源配置更加精准，目前互联网技术对生产方式、社会组织形式正带来巨大的变革。

产业与科技革命既是一次生产技术层面上的革命，也是一场深刻的社会革命，通过生产力的提升引起了生产关系的变革，进而影响了国际格局的重塑和调整。综观三次科技革命，发源地从单一走向多源，助推科技革命的主角从以技术改良为目标的生产部门转变为以实现国家意志为目标的科研机构，大学在第三次科技革命中做出了前所未有、不可替代的贡献，并持续在科学理论创新和生产技术变革等方面发挥着引擎作用。支撑科技革命的科学理论由个别学科的重大突破走向多学科协同创新，科技革命的标志性成果呈现多点开花，人类生产方式实现了从机械化到电气化、再到自动化的转变，并向智能化发展。当前，新一轮科技革命和产业变革深入发展，呈现出多点突破、深度融合的态势，一些重要科技领域已显现出革命性突破的先兆。

4. 大学工程教育的发展历程

大学的工程教育以 1747 年巴黎公路桥梁学院为起点，大体上可以划分为三个阶段：20 世纪以前，工程教育等同于技术教育；二战前后，工程教育混同于科学教育，逐渐脱离工程实践；20 世纪 80 年代以后，工程教育由科学回归工程。从麻省理工学院首次提出“回归工程”的新理念开始[62]，以美国为代表的西方国家开展了以“大工程背景下的工程教育”为主要内容的改革，目前的工程教育改革呈现四大特征：即以问题为中心、以实践为旨趣、以培养工程师为目标、以科研为先导。美国大学的工程教育改革，主要采用以学生为中心的教学模式改革，在实践教学模式上对工业—大学合作研究中心计划和合作教育的推行，建立社区学院与四年制大学的衔接机制，建立工程教育联盟改革机制[63]。德国大学的工程教育改革，主要是采用产学结合的模式，并将产学结合的途径确定为师资队伍方面教师与工程师相结合的双师型模式以及校方与企业共同开展研究。[64]

我国工程教育起始于洋务运动，民国时期得到一定发展，但办学规模较小，门类不全。新中国成立以后，高等工程教育发展迅速，大致分为两个阶段：建国后全面学习苏联、采用工程专才模式，工程教育服务于工业建设的需要；90 年代中后期，工程教育逐步走向科学化发展，以厚基础、宽专业为导向，实施了以学科为中心的工程教育体制改革[2]。2013 年《华盛顿协议》全会一致通过接纳中国为签约成员，我国高等工程教育获得了世界认可。

从全球的发展和我国的历史经验来看，工程教育的发展和科学技术的发展

密切相关，初期科学技术很快进入大学体制，在后期大学推动着科技的发展。产业发展推动工程教育，但工程教育落后于社会需求。工程教育进入学术体制后就按照自己的权力意志发展，逐渐与现实工程脱节，引发工程教育内部的调整。这其中，二战、冷战等政治社会重大事件对工科的发展影响巨大。

5. 部分世界知名高校工科院系设置变迁

工程教育的发展轨迹在高校院系设置中留下了印痕，这里就以部分世界知名高校院系设置变迁来展现高校工科的发展历程。

5.1 麻省理工学院（MIT）

1865 年建校的麻省理工学院工科相关院系变迁见图 1。学校于 1932 年建立工学院，目前工学院有十个系（所），其中土木与环境工程系、化学工程系、电气工程和计算机科学系、机械工程系、材料科学与工程系等 5 个系发轫于工学院创立伊始。上世纪 30 年代，电气工程系将研究领域拓展至计算机研制，目前电气工程与计算机科学仍在同一系，是工程学院最大的系，学生几乎占全校的一半；70 年代，采矿冶金系逐步转向材料研究。在二战和冷战背景下，学院先后设立了航空系（1939 年成立）、核工程系（1958 年成立）。从 1998 年至 2015 年，新设立了生物工程系，医学工程与科学研究所，数据、系统和社会研究所。

值得关注的是，学校于 2018 年 10 月成立了施瓦茨曼计算学院（MIT Schwarzman College of Computing），从事人工智能、机器学习和数据科学与其他学科融合的教学和研究，并计划以此重塑整个大学。

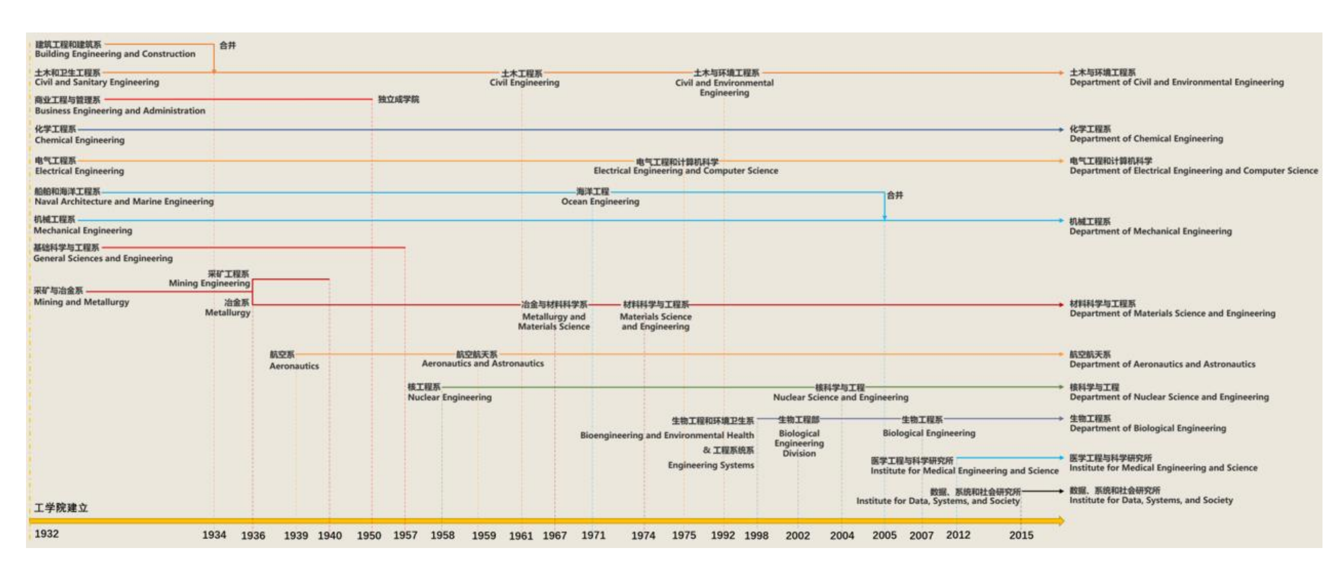


图 1　麻省理工学院工程学院沿革

5.2 哥伦比亚大学

1754 年建校的哥伦比亚大学工科院系变迁见图 2。1864 年学校设立了矿业学院，1867 年设立了工程学院，陆续开设电气、化工等学系，后来矿业学院并入该学院。在二战后积极参与计算机研究，并在 1979 年设立了计算机系。60 年代末，学校在生物医学工程领域做出了开创性研究，并在 2000 年设立了生物医学工程系。1997 年 10 月，工程学院改名为工程与应用科学学院。2000 年以后，在原矿业冶金系的基础上设立了地球与环境工程系，在生物医学工程项目基础上

设立了生物医学工程系。目前其应用数学、生物医学工程和计算机科学等专业被认为是全美最好的专业之一。

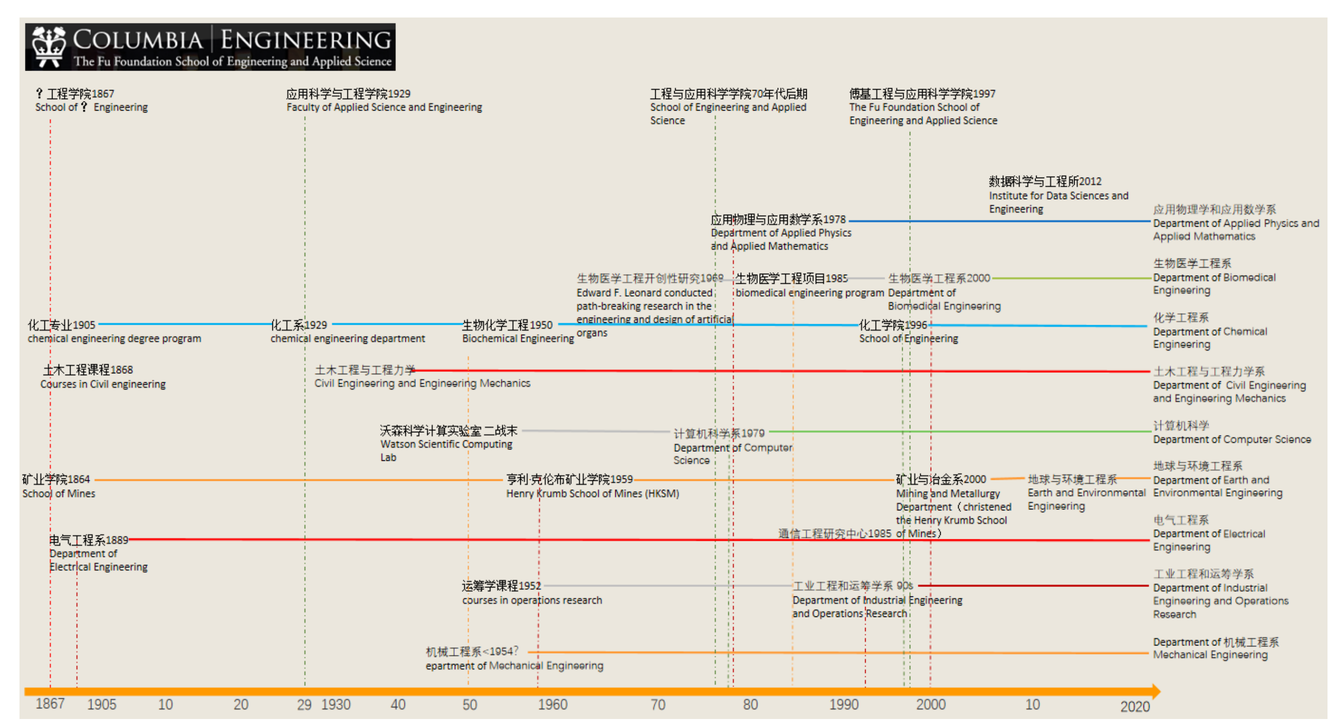


图 2 哥伦比亚大学工程学院沿革

5.3 斯坦福大学

1885 成立的斯坦福大学其学院工科院系变迁见图 3。其从成立到二战结束，斯坦福大学基本属于一个地方性大学，当时开办了土木、机械、矿业、电气等系。学校发展受益于二战后政府经费的大量增加，在争取军方经费的过程中，斯坦福大学逐渐发展了起来，先后建立了航空、化工、计算机系。并且学校鼓励师生以开公司、做产品的方式进行创新创业，紧密结合工程实践，并最终形成了硅谷。学校因此而迅速崛起，成为了全球顶尖大学之一。

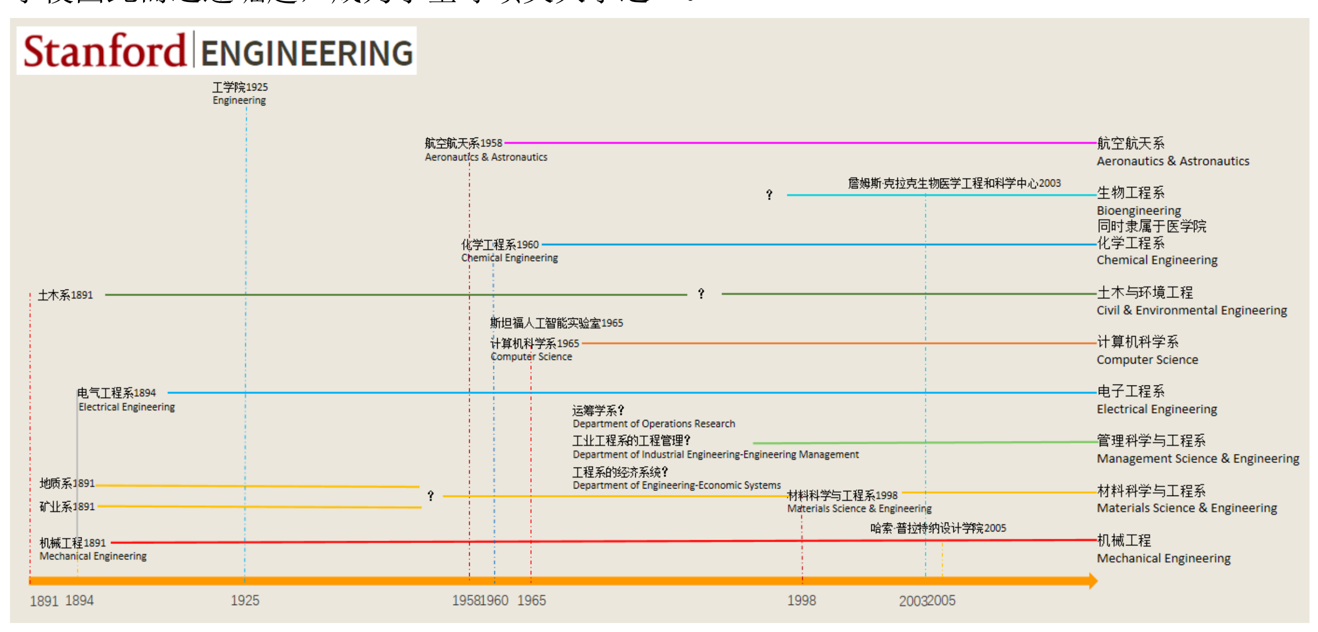
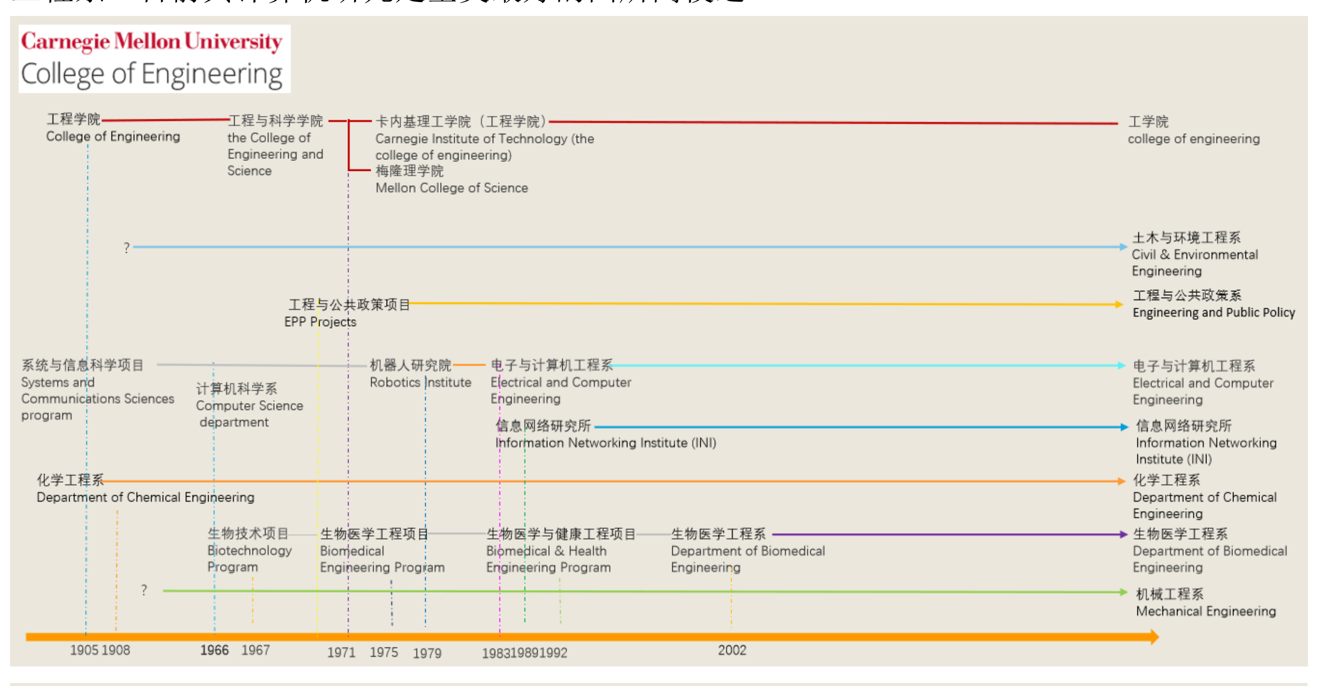


图 3　斯坦福大学工学院发展历史

5.4 卡内基梅隆大学

1885 成立的卡内基梅隆大学工科院系变迁见图 4。工程学院于 1905 年成立，设立有化工、机械土木等系，在 20 世纪 60-70 年代卡内基学院与梅隆学院合并后，瞄准计算机发展的前景，开始大力发展生物技术和计算机相关研究，设立了计算机系。在 80 年代设立电子与计算机工程系，成立计算机科学学院，后来大力设立相关研究所。最终在 2000 年后开设机器学习系、计算生物系、生物医学工程系。目前其计算机研究是全美最好的四所高校之一。



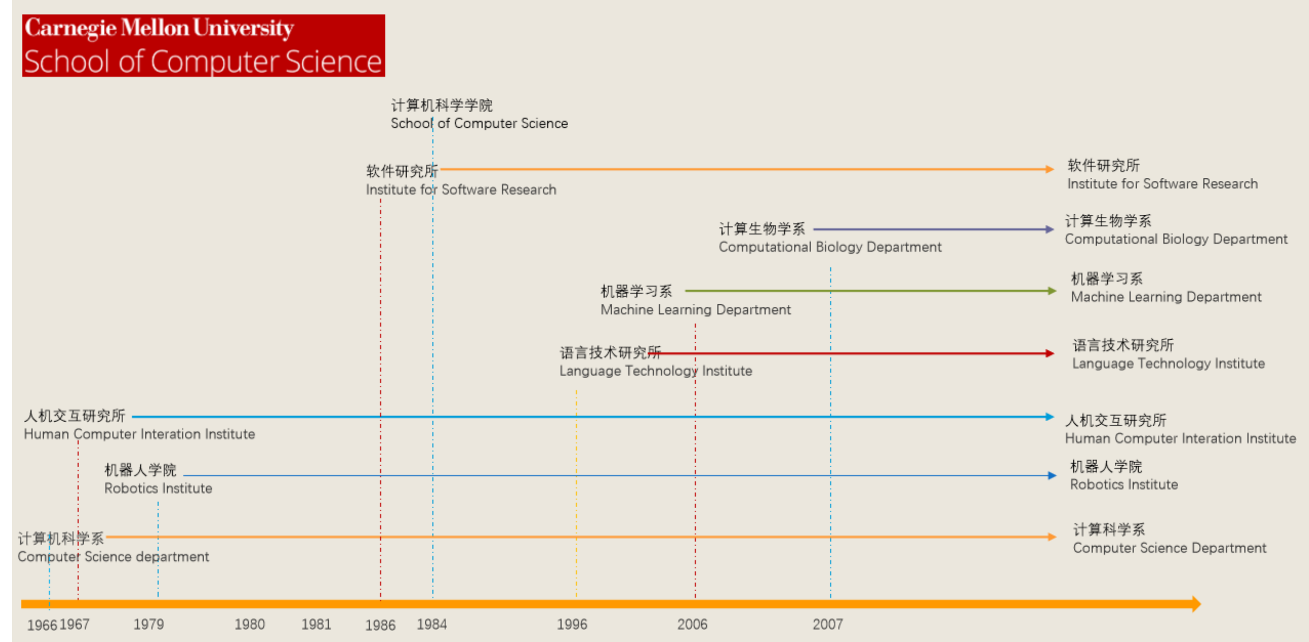


图 4　卡内基梅隆大学工程学院与计算科学学院的发展情况

5.5 东京大学

1877 年成立的东京大学工学部变迁见图 5。学校建立当时设置的有土木建筑、采矿冶金、机械制造、电气、化工类院系，还设有军工类院系。二战前成立了航空院系，在二战后有过中断。20 世纪 60 年代，新增了电子、城市环境、产业机械、港口机械、核科学等院系。90 年代，采矿冶金逐步发展为地球科学和材料院系，新增了电子图情院系，并整合设立了工学方面的研究生教育方向。

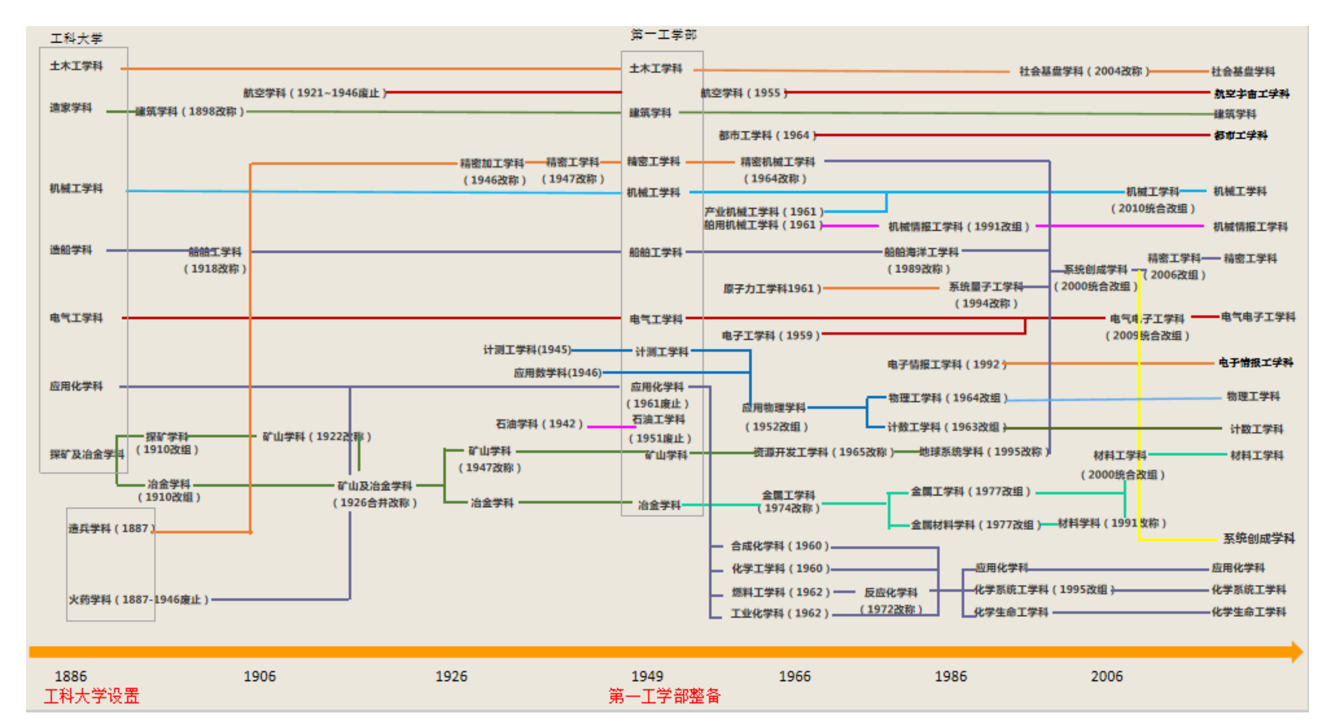


图 5　东京大学工学部沿革

5.6 南洋理工大学

1980 年成立的南洋理工大学是亚太地区创业型大学的典范，其工学院沿革见图 6，工学相关的变迁见图 6。从 1980 年学院建立开始，当时设置的有土木建筑、机械制造、电气、化工类院系。80 年代后期设置计算机和材料相关院系。2000 年左右成立计算机和材料类学院，土木中环境工程凸显。2005 年建立了航空系，生物医学工程在学院名称中显现出来。

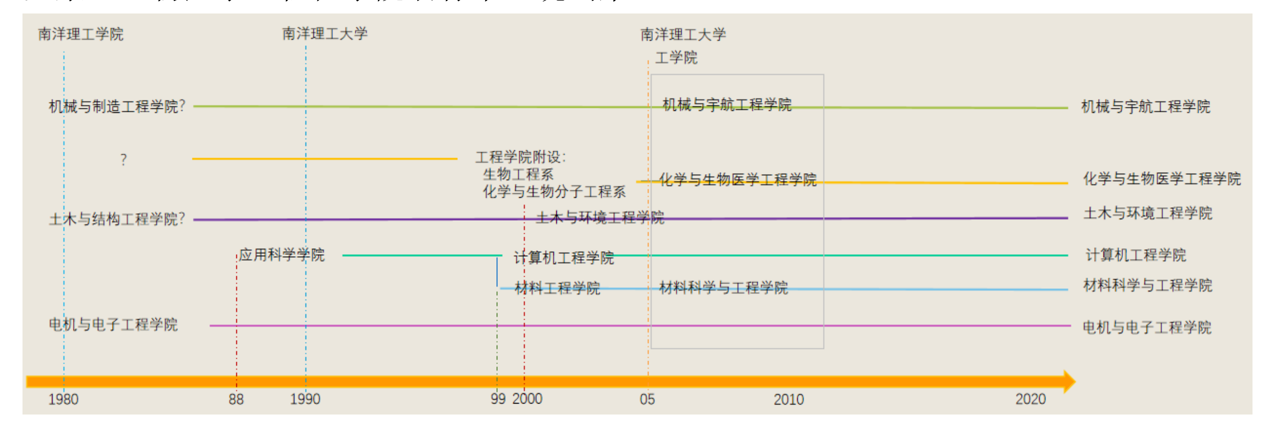


图 6　南洋理工大学工学院沿革

5.7 小结

从这些知名高校工科相关院系设置演变来看，工科发展与产业、科技的发展关系非常密切。各高校对工科院系设置路径不同，但总体趋势是：

- 土木建筑与规划、环境生态等走向融合；
- 采矿冶金等逐步扩展为材料学科；
- 化工走向深化和交叉，与生物技术、制药工程深度融合；
- 机械逐步发展到精密智能制造；
- 电气发展出电子及信息科学；
- 信息科学、数字科学等成为整合和推动其他学科发展的重要力量。

尤其信息数字科学的发展表现十分突出。另外，各高校对于院系设置，基本采用了学科集群化发展的思路，保持了研究力量的相对集中，而技术和研究方向的调整主要通过设立研究中心和研究项目来实现。

6. 工科未来发展趋势

科技与产业革命的方向和国家战略的需求，是高校工科发展的重要契机，也就是高校工科未来的发展方向。

6.1 科技与产业革命的方向

对接下来的科技产业革命会是什么样的，目前学界并没有一个较为明确又广泛认可的表述，当今关于未来科技和产业未来发展方向的表述主要有德国的“工业 4.0”，以及联合国计划开发署的发展 4.0。

德国学术界和产业界认为，“工业 4.0”概念即是以智能制造为主导的第四次工业革命，或革命性的生产方法。工业互联网将我们带到了第四次工业革命的门口。

联合国计划开发署提出工业革命 4.0 时代的主要特征是人工智能、物联网、3D 打印和机器人等技术与生产领域的融合实现物理、数字和生物领域的融合[65]，第四次工业革命将物理、数字和生物领域融合在一起，表现在机器人、物联网、人工智能、3D 打印和机器人软件自动化等方面。

两者都认为人工智能将对人类的生产生活带来巨大的影响。但也有学者认为第四次科技产业革命的提法本身也具有争议性，有人认为人工智能只是电子信息技术转入拓展期的必然趋势。

6.2 全球相关国家战略

虽然学术上对产业革命有不同看法，但全球一些主要的工业国家已经采取了与信息科学相关紧密的行动，努力使国家民族走在时代发展的潮头。目前全球工业国家都积极推动与新一轮产业革命相关的国家战略，见表 1。

表 1　全球主要国家工业互联网发展规划

国家	发展战略
美国	基于工业和信息产业的全面优势，2018 年提出“5G Fast”战略，尽快部署 5G，《美国先进制造业领导战略》明确了 15 个重点技术方向，即智能和数字制造系统、先进工业机器人、人工智能、工业网络安全。
德国	基于机械、电子、自动控制和工业管理软件等方面的优势，推出“工业 4.0”国家计划，目的是提高德国工业的竞争力，在新一轮工业革命中占领先机。
法国	先后推出“新工业法国”和“新工业法国 II”，布局数字制造、智能制造，带动商业模

国家	发展战略
	式变革。
日本	发布《日本：制造白皮书》，把“互联工业”作为未来产业。
英国	提出“英国制造 2050”，将“再工业化”着眼于制造业未来发展，为英国经济在打造一个引擎。
中国	发布“中国制造 2025”，提出信息化和工业化深度融合来引领和带动整个制造业的发展。

备注：来源于前瞻产业研究院。

6.3 国家与地方的发展趋势与需求

2021 年，习近平总书记在两院院士大会中国科协第十次全国代表大会上的讲话上指出，科技攻关要在石油天然气、基础原材料、高端芯片、工业软件、农作物种子、科学试验用仪器设备、化学制剂等方面关键核心技术上全力攻坚，加快突破一批药品、医疗器械、医用设备、疫苗等领域关键核心技术。要在事关发展全局和国家安全的基础核心领域，瞄准人工智能、量子信息、集成电路、先进制造、生命健康、脑科学、生物育种、空天科技、深地深海等前沿领域，前瞻部署一批战略性、储备性技术研发项目，瞄准未来科技和产业发展的制高点。

根据国家及领域的中长期发展规划，我国产业发展所亟需的核心技术，很多都需要融入成熟的信息技术。从《中国制造 2025》布局十个重点领域、《“十四五”智能制造发展规划（征求意见稿）》加强十大重点任务、《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划纲要》提出的发展目标来看，信息化数字化、智能制造、绿色发展、生命健康等领域是今后一段时间发展的重点方向。在这些领域还有不少亟需解决的问题，这些问题不是单一学科领域就能解决的问题，更需要问题思维和集成思维，工科以往单一学科发展的模式已经不适应当今国家经济社会发展需求，需要学科融合发展。

6.4 行业与社会需求

《中华人民共和国职业分类大典（2015）》后新增 10 个新职业，主要集中在：智能制造、大数据、人工智能、医疗、等领域[66]，这些领域岗位在迅速发展。

目前，最新版《国民经济行业分类》还在征求意见。2017 国民经济行业分类[67]较 2011 版主要差别在大量工业制造行业进一步细分，主要涉及：传统产业（制造、土木、工矿）的信息化升级、智能化改造；物流仓储服务；数据信息服务等领域。行业在继续细分，说明这些行业还在向更深的方向发展，行业的内涵在继续扩展。尤其 2021 年 5 月，国家统计局发布了《数字经济及其核心产业统计分类（2021）》，数字经济领域在迅速向纵深发展。

从近年《麦可思研究院历年中国大学生就业报告》来看，需求增长的专业主要集中在软件、网络、通信、信息、电气、车辆、建筑、物联网、计算机等方向。社会对工科教育的需求还在继续增大，详见表 2。

表 2　近年《麦可思研究院历年中国大学生就业报告》绿牌与红牌专业统计

绿牌专业	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	累计次数
软件工程		√	√	√	√	√	√	6
网络工程		√	√	√	√	√	√	6
通信工程		√	√	√	√	√		5
数字媒体艺术				√	√	√	√	4
信息安全				√	√	√	√	4

电气工程及其自动化			√	√			√	3
车辆工程		√	√					2
广告学			√	√				2
建筑学	√	√						2
数字媒体技术					√	√		2
物联网工程					√	√		2
大气科学	√							1
港口航道与海岸工程	√							1
给水排水工程	√							1
计算机科学与技术							√	1
建筑环境与设备工程		√						1
金融工程	√							1
矿物加工工程		√						1
审计学			√					1
小学教育	√							1
信息工程							√	1
学前教育	√							1
医学检验	√							1

红牌专业	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	累计次数
法学	√	√		√	√	√	√	6
音乐表演		√	√	√	√	√	√	6
美术学	√	√	√	√	√			5
化学			√		√	√	√	4
应用心理学		√	√			√	√	4
绘画					√	√	√	3
历史学				√	√	√		3
生物工程	√	√		√				3
生物技术	√		√	√				3
生物科学		√	√					2
动画	√							1
生物科学与工程	√							1
体育教育	√							1
艺术设计	√							1
应用物理学		√						1

数据来源：历年《麦可思研究院历年中国大学生就业报告》。

备注：绿牌专业指的是失业量较小，就业率、薪资和就业满意度综合较高的专业，为需求增长型专业。红牌专业指的是失业量较大，就业率、薪资和就业满意度综合较低的专业，为需求减少型专业。

从宝钢[1]、一汽[2]等近期的招聘岗位要求来看，信息科学人才的需求非常突出，

[1]宝钢资源.宝钢资源（国际）2021 校园招聘[EB/OL]. http://campus.51job.com/baosteelresources/. 2021.07.

[2] http://www.hotjob.cn/wt/FAW/web/index/campus?brandCode=100002. 2021.07. https://www.hotjob.cn/wt/FAW/web/templet1000/index/corpwebPosition1000FAW!gotoPostListForAjax?positi

信息科学人才已作为这些企业发展的重要动力。传统产业升级与改造，信息化数字化、智能制造等方向工科人才需求旺盛。

6.5 小结

从全球主要国家发展战略和重点发展的核心技术和方向看：

- 信息产业渗透融合到各个行业；
- 信息产业趋于服务化、平台化、融合化；
- 信息产业推动其他行业技术进步和产业发展。

《“十四五”智能制造发展规划（征求意见稿）》指出，随着全球新一轮科技革命和产业变革深入发展，新一代信息技术、生物技术、新材料技术、新能源技术等不断突破，并与先进制造技术加速融合，为制造业高端化、智能化、绿色化发展提供了历史机遇。同时，国际环境日趋复杂，全球科技和产业竞争更趋激烈，大国战略博弈进一步聚焦制造业，其发展战略均以智能制造[68]为主要抓手，力图抢占全球制造业新一轮竞争制高点。

总体而言，以信息化手段实现互联与物联，依靠人工智能以大数据推动科技和产业革命是今后较长一段时期的发展方向，无论是在生命健康医疗、工业生产、社会生活，甚至是政治生活中，数据带来的改变已初步呈现了出来。因此发展以“信息+”为核心的新工科是高校工科发展的战略选择。

7. 以“信息+”为核心的新工科建设相关问题及思路

7.1 工科规模与结构

我国工程教育规模体量大，占到高等教育人才培养规模的三分之一左右，工科门类的学生在增加，研究生工程教育的比例在调整。详见图 7、8。国内部分高校的研究生占比在逐年上升，办学层次在提升，详见图 9。各校工科教育的比例在调整，占比较高的在回落，占比较低的在提升，详见图 10。

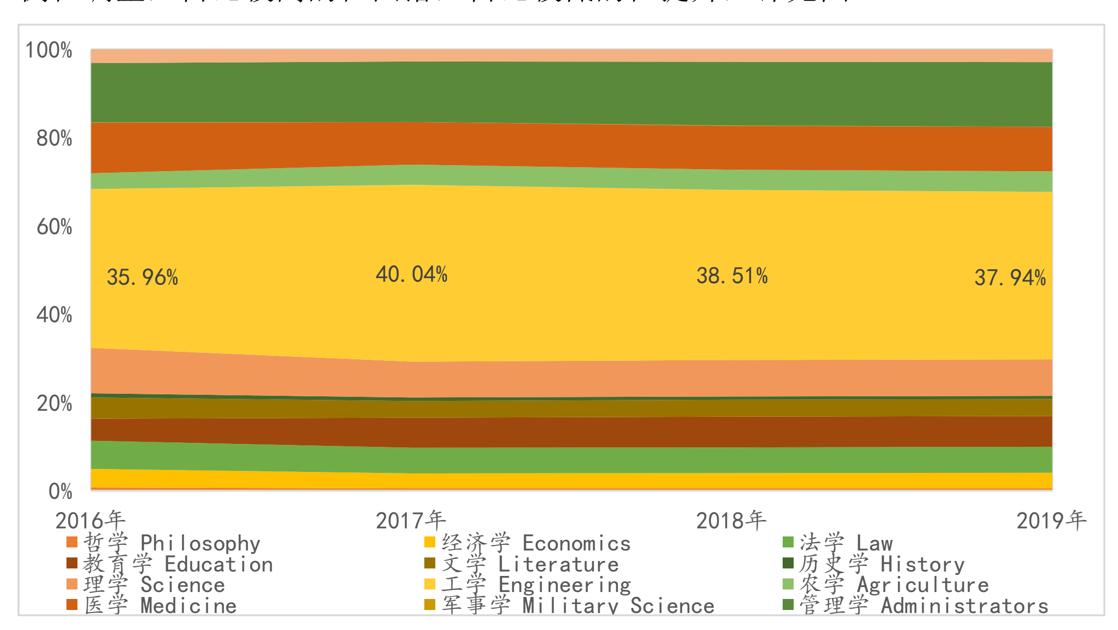


图 7 中国 2016-2020 年在校本硕博学生各学科分布情况

onType=&brandCode=100601&useForm=0&recruitType=1&showComp=true. 2021.07.

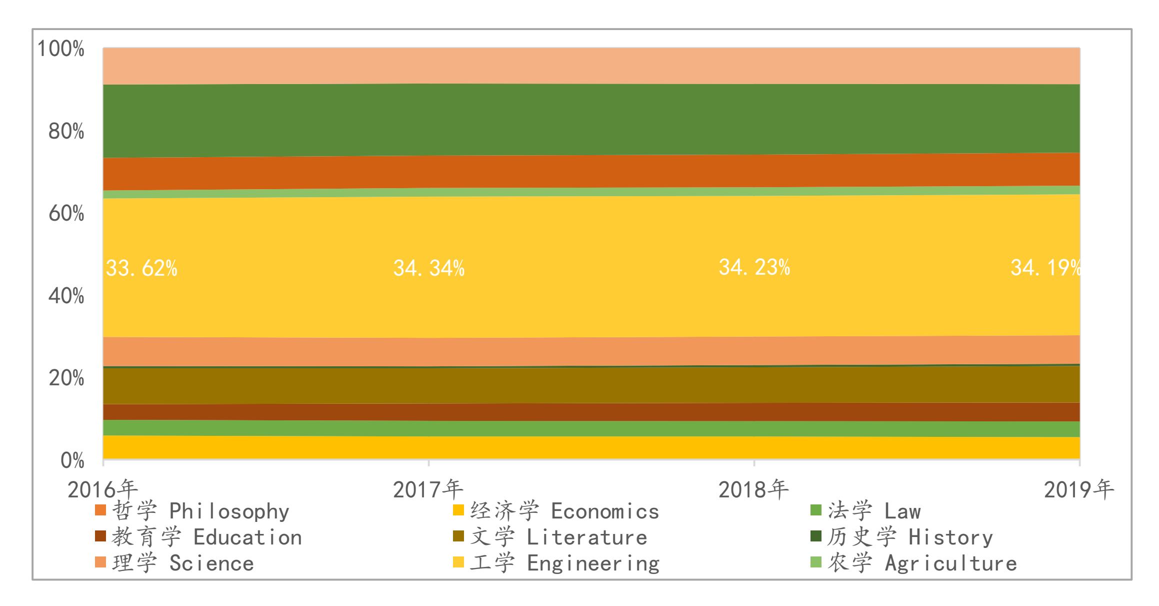


图 8 中国 2016-2020 年在校研究生各学科分布情况

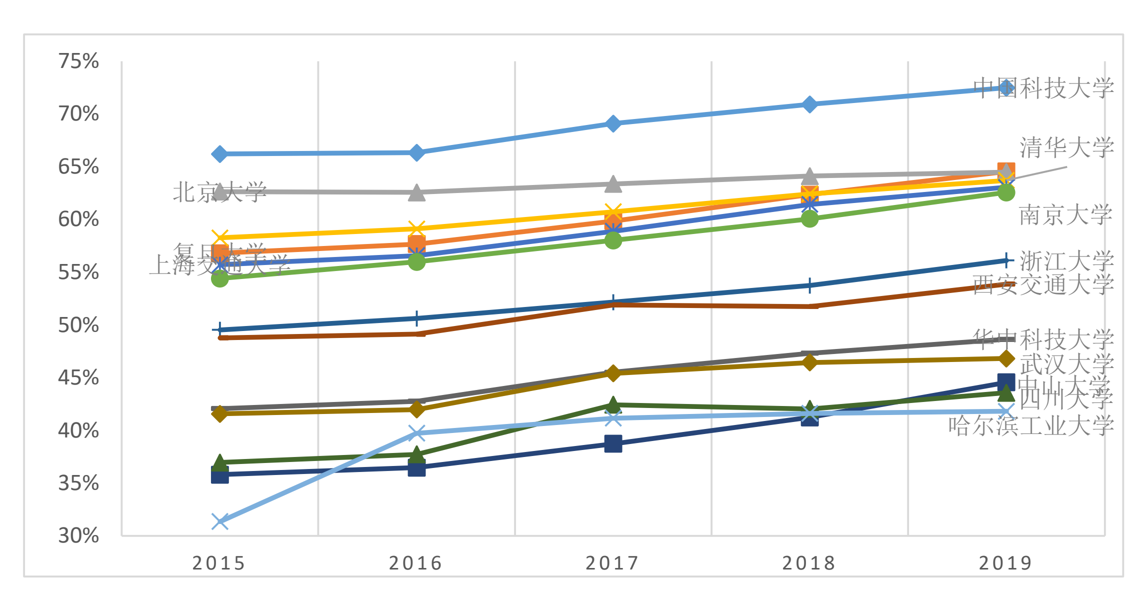


图 9 部分国内高校研究生占本研学生总数的比例

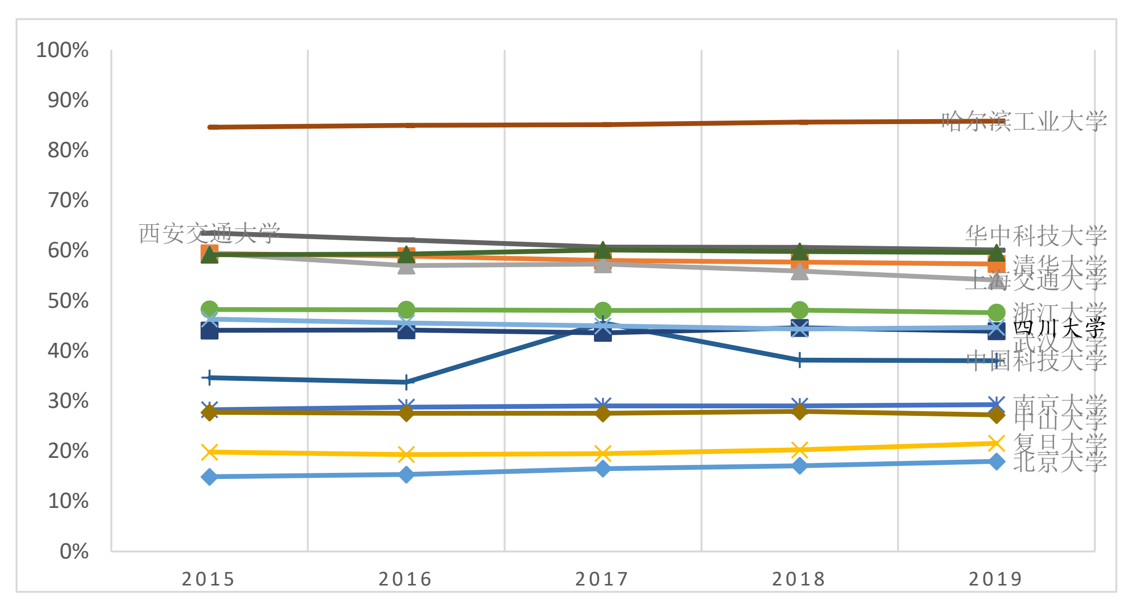


图 10　部分高校本科生中工科门类学生占比

从我国本科生及研究生历年的人数来看，我国的本科生在 1998 年后有较大的增长，但研究生规模虽然有增加但增速远低于本科生的增长速度（详见图 11）。而目前的大国竞争深层的竞争是科技实力，高层次人才对国际竞争至关重要，可以预见我国的研究生教育还将进一步扩大规模和提升水平。

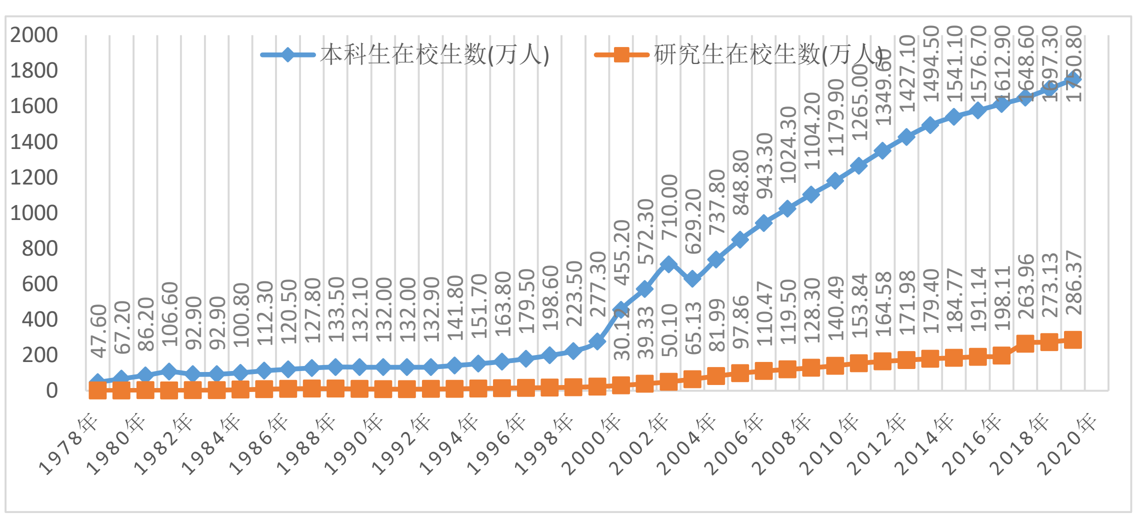


图 11　1978-2020 年历年我国本科和研究生在校人数

从全国大环境来看，国内人口学家预测，我国在 2030 年左右达到人口极值（见图 12）。从我国人口结构来看，我国高等教育学龄人口总体呈现减少趋势（见图 13）。但我国高等教育入学比例在全球中并不高，尤其与高等教育发达的国家差距甚远（见图 14）。高等教育的普及和入学率的提升有助于保持我国高等教育规模的总体稳定和稳中有增。

另外一方面，虽然国内人口增长即将见顶，但全球人口的增长远未停止（见图 15），发展中国家是人口增长的主要贡献者，其发展对工程教育的需求旺盛。同时，随着我国国际地位和高等教育水平的提高，国际工程话语权（标准输出）的需求，工程国际化教育还需要大力提升。

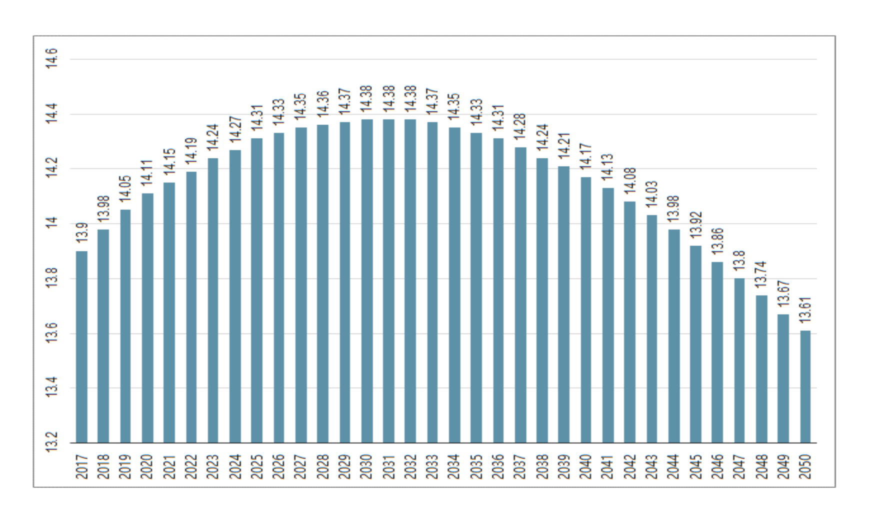


图 12　中国人口预测

备注：数据来源于中国产业信息网，https://www.chyxx.com/industry/201903/719723.html.



图 13 中国历年出生人口及 2020 年与 2035 年高等教育适龄人口

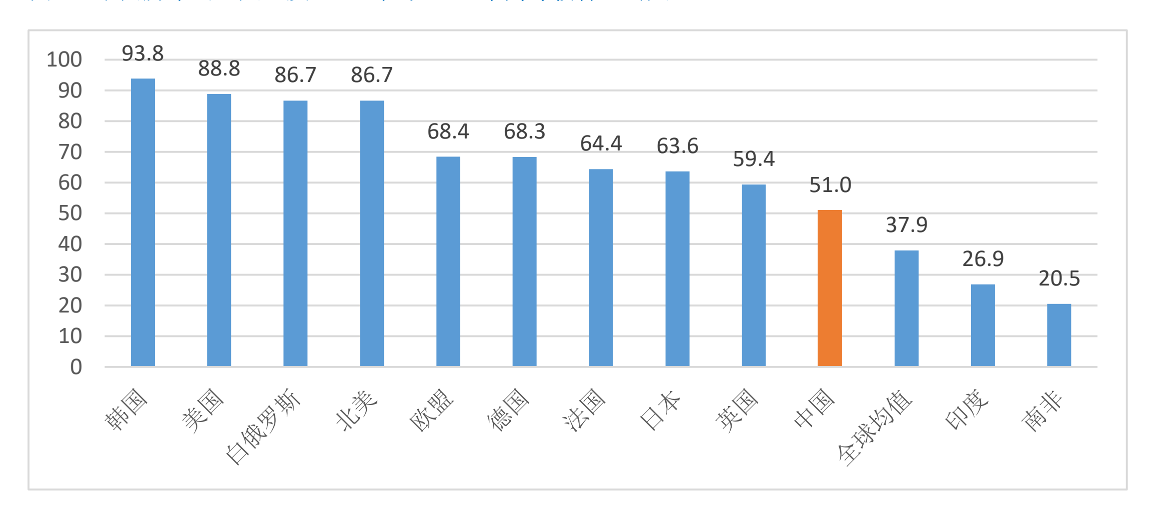


图 14　2017 年世界部分国家高等教育入学比例情况

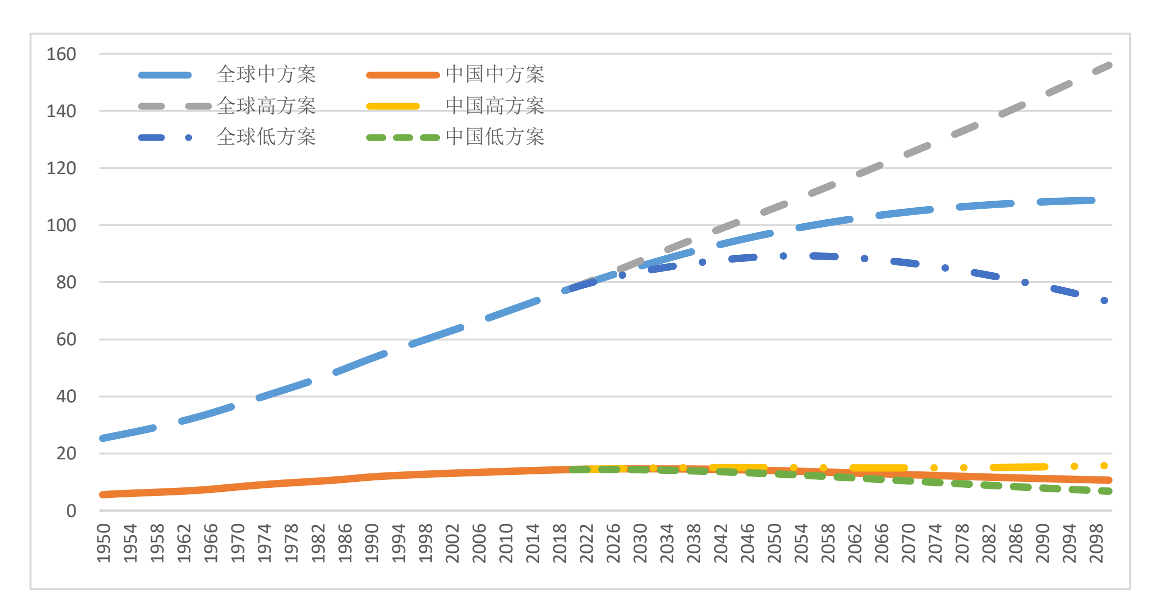


图 15　联合国经济和社会事务部人口司 WPP2019 对全球人口和中国人口的预测

备注：全球人口三种不同预测：保守估计在 2054 年达到极值，一般预计和激进估计在 2100 年都还没达到极值。数据来自于联合国经济和社会事务部人口司 WPP2019。

因此，对于多数高校而言，工科办学规模应保持总体稳定或者适度增长，人才培养规模的增量主要在研究生，当前大国竞争已经前移到高等教育领域。对我国的科技战略包围已经形成，科研自主创新亟需加强，国家竞争凸显关键核心技术的地位，工科的重要性还会加强。工科研究生占比可能将进一步提高，高校工程的人才培养水平还需要大力提升。

7.2 工科办学和科研组织结构

世界一流高校的院系设置基本采用学科集群化发展思路。而目前，国内高校学院设置较多、划分较细，相关领域的研究力量比较分散；组织机构僵化，缺乏弹性，不能适应当前科技发展日新月异的局面。

工科发展到今天，逐渐形成了建筑、能源环境、化工、材料、制造、信息等相对集中的几个领域。可以探索整合相关学院，形成以工科集群-系的组织架构。其中，学科集群赋予人、财、物等行政职能，教学与科研通过两种不同组织架构来解决：系承担教学科研工作，教学人员相对固定，不具行政职能；大力发展以学科交叉为特征的“新工科”，以顺应科研发展的需求，创建长期或短期实体性或非实体性的交叉学院（如信息交叉学院等）和未来技术学院，开设相关项目课题，组建相关研究中心/所，承担科研工作，使科研组织化形式多样化、灵活化。

7.3 工科发展整体思路

综上所述，综合考虑时代发展潮流、国家社会需求，结合我国高校实际情况，建议高校工科发展整体思路如下：

一是夯实基础，将信息相关学科作为高校重要发展方向之一，加大资源投入，给予政策支持，全力加强高校信息相关学科的建设，顺应信息化、数字化的历史潮流，为工科及高校发展提供强有力的基础。

二是问题导向，在加强信息相关学科建设的同时，发展以“信息+”为核心的新工科，以问题为导向，重点布局智能制造和绿色生产，解决实际工程问题、响应产业需求，与其他学科加强融合发展，在响应国家与社会需求的过程中，提升工科整体实力。

三是工具导向，以“信息+”为引擎，发挥信息科学的工具作用，把信息素养作为人才培养的基本要求，把信息思维和手段作为全校研究人员的基本工具，重塑高校的人才培养体系和提升全校的科研能力和水平，推动学科交叉融合发展，支撑高校一流学科体系建设，提升高校整体发展水平。

（1）全面发展建设信息学科

信息学科是研究信息的获取、处理、传递和应用的规律性的一门新兴学科，信息学科是人工智能、工业互联网等新兴技术领域的基础，是工业革命 4.0 的催化剂。

新一代信息技术产业加速推进万物互联、泛在智能的物联网时代的到来，不断迭代升级的信息技术与生产力发展相结合孕育出新产业形态。新一代信息技术将促进行业领域跨界融合，信息技术融入其他经济、社会各领域各行业创造新价值，促进社会生产和消费从工业化向自动化、智能化转变。新一代信息技术产业是当前国家重大战略需求的关键。当前新一代信息技术产业发展由美国主导的格局并未根本改变。美国控制着新一代信息技术的核心专利、骨干企业和关键技术。近年来美国对中国频频“技术禁运”。强大的新一代信息技术产业已经成为破题中美博弈的关键点。

早在 2010 年，国家就将新一代信息技术产业定位为技术平台和产业的代际变迁以及具体信息技术进步与产业发展的结合。2020 年以来，国家高度重视“新基建”，提出将 5G、大数据、云计算、物联网、工业互联网等新兴信息技术产业置于国家新型基础设施的高度加以布局。新一代信息技术产业已逐渐成为当前产业规模最大、创新密集度最高的战略性新兴产业。未来的发展重点是网络化和智能化的万物互联，强调信息技术渗透融合到社会和经济发展的各个行业。

高校信息学科建设需要实现以下三个方面目标：

①加强高校信息相关学科的建设，提升信息科学技术水平，投入新一代信息技术（新一代通信网络、物联网、高性能集成电路和高端软件等）研究。聚焦光电子与微电子器件及集成、底层数理算法与软件架构设计深耕，实现重点突破，以点带面提升整体水平。

②为“信息+”提供坚实的基础，通过在现实产业场景中解决实际问题，在与其他学科的交叉融合中带动高校的知识生产手段和知识生产方式的升级换代。

③为全校师生提供基本信息素养教育，把信息学科作为高校基础学科来建设，从工科学院开始，逐步扩展到理科、医科和文科。

（2）发展以“信息+”为核心的新工科

①面向经济社会主战场，大力发展智能制造。重点着眼于“信息+制造”的智能制造和“信息+工业管理与设计”的工业软件两个领域。聚焦高端装备制造(精密制造机床、高端智能工程装备)、新材料(建设基因组大数据平台，研究特种功能、高性能复合材料等)新技术和新工艺、工业互联网（以网络为基础形成的包括平台、数据要素、企业和人在内的系统化模式）[69]等方向。

②面向未来，积极开拓新能源与绿色发展研究。整合现有校内研究机构、梳理研究方向，建设能源与环境学科集群机构。主要聚焦：节能环保，绿色生产（高效节能先进环保循环利用）；新能源（核能、太阳能、风能和生物质能）和新能源汽车（插电式混合动力汽车、纯电动汽车等）。在清洁能源领域，拓展页岩气等传统能源清洁开发工程设备、新能源开发利用、能源存储领域的研究；在碳中和、绿色生产、环境保护领域做好基础研究，在生物制造等领域深入参与；在川藏铁路、水电建设等工程建设，油气资源、页岩气生产开发领域做生态保护研究：

以此深入推动清洁能源、绿色生产、环境保护学科的建设。

（3）全面推动“信息+”战略，以“信息+”为核心的新工科推动高校一流学科体系建设

“信息+”就是发挥信息学科的工具性，利用成熟的信息技术，融入其他学科解决实际问题，使信息技术与产业发展融合（万物互联），产业发展不断向信息技术提出需求。目前，互联网技术发展模式已经从典型的技术驱动发展模式，转变为技术驱动与应用驱动相结合的模式。信息科学为科学研究与社会服务提供数字化信息化智能化手段，在科学研究与社会服务过程中有非常多的应用场景和广阔的用武之地。

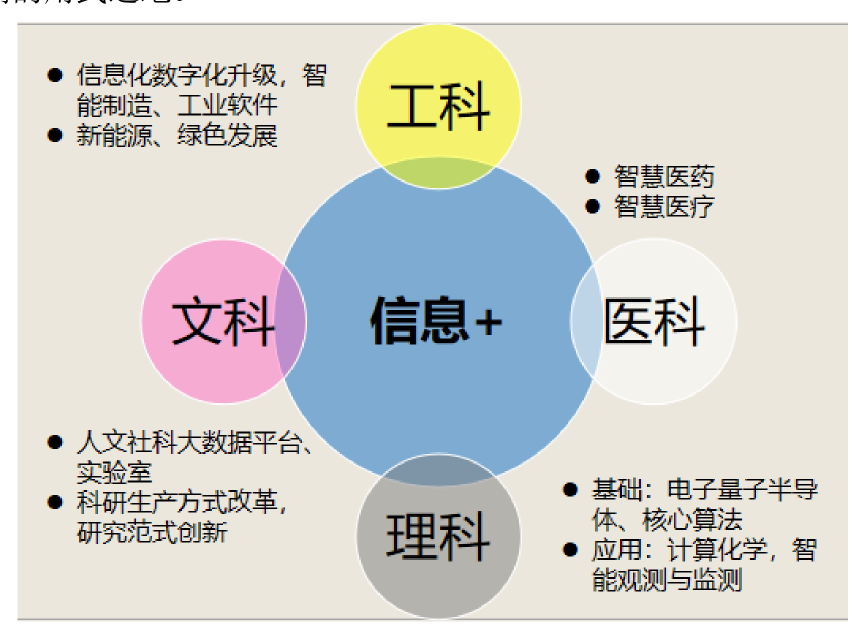


图 16　“信息+”为核心的一流学科体系建设

①通过提升电子量子半导体理论制造水平、核心算法能力，为信息科学提供强大支撑，构筑坚强信息内核，引导理科研究向工程应用方向前进（半步），同时把信息科学的强大计算能力用到理科应用中，在理论计算、实验和反应模拟，生物信息、材料基因，智能观测和监测等方面助力理科研究。

②通过发展智能制造和绿色生产，以及相关领域的数字化信息化智能化整体提升工科解决问题的能力，从而提升学科水平。

③通过医学与信息、材料、制造的交叉融合发展智慧医药与智慧医疗，医学材料及医疗器械等促进医科发展，提升医学与工科发展水平。运用生物信息学开展计算机辅助药物设计，基因筛选和治疗，打造健康档案区域医疗信息平台实现患者与医务人员、医疗机构、医疗设备之间的互动等提升医疗卫生整体水平。

④在文科方面，把信息思维和手段应用到现实经济社会中，已为经济生产、企业管理、社会治理等提供了新的解决方案。在人文社会科学研究中，大数据平台和文科实验室等以数据为特点的研究方式，将极大推动文科研究范式的变革。通过建设文科实验室，建设或引入人文社科大数据平台与公共设施的方式，强化传统人文社科的研究方法规范，贯彻科学研究方法，实现人文社科知识生产方式和科研范式的创新。

（4）工科与产业深度融合

工程教育需要回归产业链中，回归到工程中，这是自上世纪 80 年代开始全

球工科改革的主要方向。工程教育根植于产业发展，需要深入产业发展中，了解产业发展所需所急所苦，在理论、技术和人才等多方面深化合作研究开发，通过合作教学和培养开展人才定制培养。

建设工科大装置与实验共享平台，争取国家大装置平台的落地建设，切实建设高校的实验平台共享机制，建设行业产业实验室为广大企业和科研机构提供服务。着力产业/行业咨询智库建设，为国家地方的经济社会发展提供行业决策咨询。

深入融合地方与城市的发展历程。在成就城市和地方的同时实现高校的发展。择地建设工业产业园，实现高校智识的社会转化、价值实现，研究和技术的落地与社会化服务。

参考文献：

[1]胡德鑫.我国高等工程教育研究的热点领域与前沿——基于 CNKI 2007—2016 年文献的计量和可视化分析[J].中国人民大学教育学刊,2017 年第 3 期.

[2]彭静雯. 高等工程教育改革——对学科规训的突围[M]. 社科文献出版社, 2014.

[3]蒋慧峰. 学科结构与产业结构的协调性评价与预测[J]. 现代教育管理, 2015(1):100-103.

[4]杨林, 陈书全, 韩科技. 新常态下高等教育学科专业结构与产业结构优化的协调性分析[J]. 教育发展研究, 2015, v.35(21):45-51.

[5]杨瑞, 杨瑞成, 滕清安. 高等教育学科结构优化与新兴产业发展的适应性研究[J]. 江西理工大学学报, 2019, 040(002):57-65.

[6]胡德鑫, 王漫. 高等教育学科结构与产业结构的协调性研究[J]. 高教探索, 2016, 000(008):42-48.

[7]林健. 多学科交叉融合的新生工科专业建设［J］. 高等工程教育研究，2018（1）：32－45.

[8]林健.第四次工业革命浪潮下的传统工科专业转型升级[J].高等工程教育研究,2018(04):1-10+54.

[9]张滨. 机械工程及自动化在工业领域的发展方向及前景[J]. 建材与装饰, 2017(15).

[10]陆柏. 机械工程及自动化在工业领域的发展方向及前景[J]. 建筑工程技术与设计, 2017, 000(024):4265-4265.

[11]郑春锋. 机械制造及其自动化的发展方向研究[J]. 探索科学, 2016, 000(011):62.

[12]倪春明. 机械制造及其自动化发展方向研究[J]. 科技风, 2016, 000(007):89-89.

[13]夏东进. 浅谈国内煤化工技术的现状和发展方向[J]. 科技创新导报, 2020, v.17;No.506(02):45+47.

[14]刘柱. 煤化工技术现状及发展趋势分析[J]. 中国化工贸易, 2019, 011(027):66,68.

[15]赵学良, 陈自斌, 庞京宝. 浅谈化工机械制造技术的发展趋势[J]. 建筑工程技术与设计, 2018, 000(022):259.

[16]张翠红, 许启虎. 浅谈化工机械制造技术工艺的现状及发展[J]. 化工管理, 2017, No.471(36):103.

[17]潘珍燕,石勇. 中国天然气化工技术现状及发展方向[J]. 石油化工应用, 2020, v.39;No.228(11):20-22.

[18]周涛, 邢文听, 张晓阁,等. 化工三废处理技术以及化工绿色环保发展趋势探究[J]. 节能, 2019(6):103-104.

[19]匡力. 国内化工过程装备技术发展现状与展望[J]. 化工设计通讯, 2019, 45(02):255-256.

[20]宋志, 向钤, 吴来燕. 中国化工物流的发展现状以及展望[J]. 化工管理, 2020, No.551(08):13-14.

[21]张蕊, 李荷华. 我国化工物流研究综述与展望[J]. 物流技术, 2019, 038(007):14-19.

[22]梅永安. 我国绿色精细化工的发展现状及关键技术[J]. 化工管理, 2019, 000(036):11.
[23]杨榛, 浦伟光, 隋志军,等. 计算机在化工中的应用与进展[J]. 化学世界, 2009, 50(011):697-699.
[24]刘志宝. 计算机在化工中的应用与进展[J]. 农家参谋, 2019, No.639(23):152-152.
[25]侯枫其, 李香柳, 赵兵兵. 电子信息技术的应用特点与发展趋势[J]. 通讯世界:下半月, 2016(5):24-24.
[26]柯达, 刘畅, 郭杨. 电子信息技术的应用特点与发展趋势[J]. 电子技术与软件工程, 2017(2):260-260.
[27]邹红卫. 信息化时代下电工电子技术的发展[J]. 电子技术与软件工程, 2017, 23(No.121):228-228.
[28]张进华. 中国汽车产业路线图[J]. 汽车工艺师, 2016, No.151(02):38-41.
[29]彭显盛. 浅析中国电子制造行业的现状与前景[A]. 四川省电子学会 SMT/MPT 专委会、广东省电子学会 SMT 专委会.2020 中国高端 SMT 学术会议论文集[C].四川省电子学会 SMT/MPT 专委会、广东省电子学会 SMT 专委会:四川省电子学会 SMT 专业委员会,2020:2.
[30]马洪生.浅析自动化仪表及控制系统的发展方向[J].中国设备工程,2020(14):218-219.
[31]杨素心.半导体材料领域国内标准现状及发展方向分析[J].世界有色金属,2020(14):154-156.
[32]刘乐.功率半导体器件封装技术的新趋势分析[J].科学技术创新,2019(30):194-195.
[33]王莹,毛烁.工业传感器的发展方向[J].电子产品世界,2018,25(10):11-16.
[34]史冬梅,杨斌,蔡韩辉.Ⅲ族氮化物第三代半导体材料发展现状与趋势[J].科技中国,2018(04):15-18.
[35]陈钢辉,李骏,张兆新.浅谈硅芯片工艺的极限以及发展方向[J].集成电路应用,2016,33(12):46-48.
[36]刘志远.人工智能的发展方向和趋势[J].福建理论学习,2016(06):46.
[37]郭艳.谈新时期光电信息科学与工程的发展前景[J].计算机产品与流通,2019(02):124.
[38]冯华见.传输技术在通信工程中的应用及发展趋势[J].数字技术与应用,2020,38(08):35-37.
[39]刘祖航.浅析电子信息科学技术的发展趋势[J].通讯世界,2017(07):278-279.
[40]尹丽红.农业信息化产业困境问题探讨[J].现代化农业,2021(03):21-23.
[41]祝智庭,胡姣.教育智能化的发展方向与战略场景[J].中国教育学刊,2021(05):45-52.
[42]梅宏. 推动传统行业数字化转型[N]. 人民日报,2021-05-21(013).
[43]李守盛,杜明果.机械设计制造及其自动化发展方向分析[J].中国管理信息化,2021,24(06):109-110.
[44]董佩.机械设计制造及其自动化的发展方向探析[J].现代制造技术与装备,2020(06):191+193.
[45]匡立春,刘合,任义丽,罗凯,史洺宇,苏健,李欣.人工智能在石油勘探开发领域的应用现状与发展趋势[J].石油勘探与开发,2021,48(01):1-11.
[46]郭宗祥.数字化加工集成管理的发展及展望[J].内燃机与配件,2020(22):186-187.
[47]李斌. 中国大型汽车制造企业数字化转型路径研究[D].吉林大学,2020.
[48]王楠,王莉雅.用户创新与生产者创新的整合范式:数字化与协同视角[J].中国科技论坛,2020(10):12-14.
[49]刘佳琳,唐小军,刘莹,辛亮,杨淇帆. 航天卫星产品数字化试验测试系统现状分析与发展方向展望[A]. 中国工程院、陕西省人民政府、中国工程院工程管理学部、中国工程院机械与运载工程学部、中国航空发动机集团有限公司、西安交通大学、国家增材制造创新中心.面向增材制造与新一代信息技术的高端装备工程管理国际论坛征文汇编[C].中国工程院、陕西省人民政府、中国工程院工程管理学部、中国工程院机械与运载工程学部、中国航空发动机集团有限公司、西安交通大学、国家增材制造创新中心:西安增材制造国家研究院有限公司,2020:7.
[50]中国科学院.中国学科发展战略[M]. 科学出版社, 2013.
[51]白春礼.科技革命与产业变革：趋势与启示[J].科技导报,2021,39(02):11-14.
[52]何传启. 第六次科技革命的战略机遇[M].科学出版社,2011.

[53]白春礼.世界正处在新科技革命前夜[N].光明日报,2013-01-21,05 版
[54]读特网.中科院专家：新生物学或是下一次科技革命[EB/OL]. https://www.dutenews.com/shen/p/186450. html, 2019-06-23.
[55]方父.生物技术引发第 56 四次科技革命[J].新经济导刊,2003(05):36-38.
[56]卢西亚诺·弗洛里迪, 弗洛里迪, 王文革. 第四次革命:人工智能如何重塑人类现实[M]. 浙江人民出版社, 2016.
[57]高广礼. 科技革命与信息问题[J]. 商业经济研究, 1984(03):10-14.
[58]招商证券：复盘近 30 年历次科技周期，兼论本轮科技上行期如何布局-20191126。
[59]卡萝塔·佩蕾丝.技术革命与金融资本[M].中国人民大学出版社, 2007.
[60]邵婧婷.数字化、智能化技术对企业价值链的重塑研究[J].经济纵横.2019(9):96-103.
[61]谢伏瞻.贸易战最终的解决方案[J].智慧中国. 2019(9):8-13.
[62]RUTH GRAHAM. The global state of the art in engineering education（全球一流工程教育发展现状）.MIT school of Engineering, 2018.
[63]李正,林凤.美国高等工程教育改革探析[J].高等工程教育研究,2008(02):31-35+112.
[64]张新科.德国高等工程教育的发展轨迹和模式特征[J].继续教育,2006(07):60-61.
[65]UNDP. Development 4.0: Opportunities and Challenges for Accelerating Progress towards the Sustainable Development Goals in Asia and the Pacific[EB/OL]. https://www.asia-pacific.undp.org/content/rbap/en/home/library/sustainable-development/Asia-Pacific-Development-40.html. 2018-10-8.
[66]中国就业培训技术指导中心.关于拟发布新职业信息公示的通告（中就培函〔2019〕67 号）[EB/OL]. http://chinajob.mohrss.gov.cn/h5/c/2019-12-30/145507.shtml. 2019-12-30.
[67]国家统计局.2017 年国民经济行业分类（GB/T 4754—2017）[EB/OL]. http://www.stats.gov.cn/tjsj/tjbz/hyflbz /201710/t20171012_1541679.html.2017-09-29.
[68]智能制造编辑部.周济院士：智能制造是第四次工业革命的核心技术[J].智能制造,2021(03):25-26.
[69]任保平.工业互联网发展的本质与态势分析[J].人民论坛,2021(18):88-91.

(通讯作者: 杨珪 E-mail:guiyang@scu.edu.cn)

作者贡献声明：

杨 珪：提出研究思路，设计研究方案；收集数据；分析数据；论文起草与修订；
戴 睿：提出研究思路，修订论文；
张鲜元：设计研究方案，修订论文。